ES 6470-5 (2008) (Arabic): MECHANICAL VIBRATION -- EVALUATION OF MACHINE VIBRATION BY MEASUREMENTS ON ROTATING SHAFTS, Part 5: MACHINE SETS IN HYDRAULIC POWER GENERATING AND PUMPING PLANTS

المواصفات القياسية المصرية

ES

م ق م : ٦٤٧٠-٥/ ٢٠٠٨

ISO 7919-5/2005

الاهتزازات الميكانيكية-تقييم اهتزاز الماكينة باجراء القياسات على الاعمدة الدوارة

الجزء : الخامس

مجموعات الماكينةفى المحطات الهيدروليكية لتوليد القوة ومحطات الضخ

جمهورية مصر العربية

الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة

تاريخ الاعتماد :٢٠٠٨/٣/٢٧

الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة

العنوان : ١٦ ش تدريب المتدربين – السواح – الأميرية.

تليفون : ٢٢٨٤٥٥٢٢ – ٢٢٨٤٥٥٢٤

فاكس : ٢٢٨٤٥٥٠٤

بريد الكترونى : moi@idsc.net.eg

موقع الكترونى : www.eos.org.eg

م ق م : ٦٤٧٠-٥ / ٢٠٠٨
ISO 7919-5/2005

مقدمة

م ق م : ٦٤٧٠ ٥ / ٢٠٠٨ والخاصة بــ " الاهتزازات الميكانيكية تقييم اهتزاز الماكينة باجراء القياسات على الاعمدة الدوارة جــ٥ : مجموعات الماكينة فى المحطات الهيدروليكية لتوليد القوة ومحطات الضخ " متماثلة فنيا مع المواصفة القياسية الدولية ISO 7919-5/2005

تصدر هذة المواصفة القياسية فى خمسة أجزاء

١ إرشادات عامة

٢ التوربينات البخارية المثبتة على الأرض ذات قدرات أكبر من ٥٠ ميجاوات وسرعات تشغيل ١٥٠٠ ١٨٠٠ ٣٠٠٠ ٣٦٠٠ ل/دقيقة

٣ الماكينات الصناعية المتصلة

٤ مجموعات التوربينات الغازية

٥ مجموعات الماكينة فى محطات توليد القوة الهيدروليكية و محطات الضخ

قام بإعداد هذه المواصفة اللجنة الفنية رقم٥/١٣ والخاصة بــ " الاهتزازات الميكانيكية و الصدمات "

الاهتزازات الميكانيكية-تقييم اهتزاز الماكينة باجراء القياسات على الاعمدة الدوارة

الجزء الخامس

مجموعات الماكينة فى المحطات الهيدروليكية لتوليد القوة ومحطات الضخ

تصدر هذة المواصفة فى خمسة أجزاء ، هى كالتالى :
الجزء الأول : إرشادات عامة
الجزء الثانى : التوربينات البخارية والمولدات المثبتة على الأرض ذات قدرات أكبر من ٥٠ ميجا وات وسرعات تشغيل عادية ١٥٠٠-١٨٠٠-٣٠٠٠-٣٦٠٠ لفة/دقيقة
الجزء الثالث : الماكينات الصناعية المتصلة
الجزء الرابع : مجموعات التوربينات الغازية
الجزء الخامس: مجموعات الماكينة فى محطات توليد القوة الهيدروليكية و محطات الضخ

١- المجال

يعطى هذا الجزء من المواصفة إرشادات لتطبيق معايير تقييم اهتزازات عمود الدوران المقاسة على كراسى التحميل أو بالقرب منها فى مجموعات الماكينة فى المحطات الهيدروليكية لتوليد القوى ومحطات الضخ وذلك تحت ظروف التشغيل العادية. وهذه الإرشادات خاصة بكل من الاهتزازات فى الدوران المستقر وأى تغيير يحدث فى سعة هذه الاهتزازات.

:

هذه القيم العددية المحدده ليست هى الوحيدة التى تحدد معيار تقييم الاهتزازات حيث أنه عموما يتم تقييم الحالة الاهتزازية للماكينة بناءا على اهتزازات محور الدوران وكذلك اهتزازات جسم الماكينة. (انظر الجزء الأول من هذه المواصفة والجزء الأول من المواصفة القياسية المصرية رقم ٤٦٠٣-٢٠٠٤/١).

و يختص هذا الجزء من هذه المواصفة بمجموعات الماكينة فى المحطات الهيدروليكية لتوليد القوى و محطات الضخ ذات سرعات تشغيل من ٦٠ ل/ د – ١٨٠٠ ل/ د وذات كراسى تحميل غلافية أو حذائية وذات قدرات لاتقل عن ١ ميجاوات. ويكون محور عمود الدوران أفقيا أو رأسيا أو فى أى وضع بينهما.
وتختص هذه المواصفة بالماكينات ذات التركيبات التالية:
- التوربينات الهيدروليكية و المولدات.
- المضخات والماكينات الكهربية المستخدمة كمحركات.
- وحدات المضخات التوربينية ووحدات التوليد الكهربائية.

- التوربينات الهيدرولكية والمضخات ووحدات التوليد الكهربائية (مجموعات ماكينة التخزين التقليدية).
ويتضمن ذلك الوحدات المساعدة (مثل توربينات بدء الادارة والمحفزات الموجوده على محور عمود الدوران).
وينطبق أيضا هذا الجزء من هذه المواصفة على التوربينات أو المضخات المتصلة بالمولدات أو المحركات الكهربائية من خلال تروس أو وصلة نقل حركة مرنة قطرية أو كليهما.

:

يتم تقييم الماكينات الكهربائية ذات السرعات من ١٠٠٠ ل/ د الى ١٨٠٠ ل/ د طبقا للمعايير الواردة فى الجزء الثالث من هذه المواصفة.

ولا ينطبق هذا الجزء من هذه المواصفة على الآتى :-
- المضخات فى محطات القوى الحرارية أو فى التركيبات الصناعية (انظر الجزء الثالث من هذه المواصفة).
- الماكينات الهيدروليكية أو مجموعات الماكينة التى تحتوى كراسى تحميل الدحروجية .
- الماكينات الهيدروليكية ذات التزييت المائى لكراسى التحميل.
تتحدد اهتزازات العمود فى وحدات توليد القوى الهيدروليكية ومحطات الضخ بناءا على المهام التالية : (وذلك بالتطابق مع الجزء الأول من هذه المواصفة).
المهمة أ : التغيرات فى السلوك الاهتزازى.
المهمة ب : الحمل الحركى الزائد.
المهمة ج : مراقبة الخلوص القطرى.

٢- المراجع المكملة

٢/ ١ المواصفة القياسية الدولية **ISO 10817-1:1998**
Rotating shaft vibration measuring systems -- Part 1: Relative and absolute sensing of radial vibration

٢/ ٢ المواصفة القياسية الدولية **IEC 60 994**
Guide for field measurement of Vibrations and pulsation in hydraulic machines (turbines, storage pumps and pump-turbines)

٣- اجراءات القياس

٣/ ١ عام
اجراءات القياس المتبعة والتجهيزات المستخدمة موصفة فى الجزء الأول من هذه المواصفة والمواصفة المدرجة ببند ٢/٢ من المراجع المكملة.

٣/ ٢ نوعية القياس

تستخدم محولات الطاقة غيرالتلامسية لقياس الاهتزازات المطلقة والاهتزازات النسبية لمجموعات الماكينات الهيدروليكية. وعموما لاتستخدم محولات طاقة التسارع الزلزالية ذات المجسات الراكبة على عمود الدوران نظرا لصغر الشديد فى نطاق التردد لمعدات القياس المطلوبة للماكينات الهيدروليكية ذات السرعة المنخفضة.

وللقياسات النسبية تركب محولات الطاقة مباشرة على غلاف الكراسى أو وسادته . واذا كان محول الطاقة مركب على حامل الكرسى أو مبيت الكرسى كما هو معتاد فى الماكينات الرأسية، فيجب التأكد من أن الحركة النسبية بين غلاف الكرسى أو وسادته وبين محول الطاقة صغيرة بالمقارنة مع حركة عمود الدوران. واذا لم يتحقق هذا الشرط فلا تعبر الاشارة المقيسة عن الحركة النسبية بين عمود الدوران وغلاف كرسى التحميل أو وسادته. وللتأكد من هذا الشرط يتم عمل تحليل استاتيكى لهيكل الماكينه أو إجراء قياسات إضافية.

وبخصوص هياكل تدعيم محولات الطاقة، ينصح بأن يكون أقل تردد طبيعى لأنماط الاهتزاز ، والتى تسبب حركة محسوسة فى اتجاه محولات طاقة إزاحة عمود الدوران، أكبر من سبعة أمثال تردد سرعة الدوران المتزامنة. ولا تكون قيمته أحد المضاعفات المباشرة لهذا التردد.

ويجب قياس الاهتزاز المطلق لحامل التثبيت باستخدام محولات طاقة زلزالية ، وتكون مركبة أقرب ما يمكن لمجس قياس حركة عمود الدوران وفى نفس اتجاه التأثير. وتستخدم قراءات محولات الطاقة الزلزالية بعد تحويلها الى إزاحة، لتقييم الإزاحة المطلقة لعمود الدوران.

:

غالبا ما تراقب كذلك اهتزازات ركائز كراسى التحميل بجانب اهتزاز عمود الدوران . وقد تفسر قياسات الاهتزاز المأخوذة على كراسى التحميل الدليلية السفلى للماكينات الرأسية بطريقة غير سليمة، حيث قد تكون قيمة الاهتزاز المقيسة عند كراسى التحميل وركائزها الجسيئه و المدفونة فى المبنى ناجمة عن القوى الهيدروليكية والمنقولة مباشرة من الماكينة الهيدروليكية عن طريق القاعدة، وليست نتيجة الاهتزاز القطرى لعمود الدوران.

٣/ ٣ مستويات القياس

تتطلب القياسات فى المهمة أ و ب (انظر الفقرة أ) أن تؤخذ القياسات عند كل كراسى التخميل الرئيسية لمجموعة الماكينة. ومن المستحسن أن يكون وضع محولات الطاقة عند الكراسى المختلفة فى اتجاه واحد ما أمكن ذلك. وفى الماكينة الرأسية فى معظم الحالات تكون أفضل اتجاهات القياس فى اتجاه دخول المائع وعمودية على اتجاه الدوران. وفى الماكينات الأفقية تختار اتجاهات القياس فى الغالب فى اتجاه ± ٤٥ درجة من الإتجاه الرأسى لأسباب عملية.

وفى أغراض المراقبة فقط (المهمة أ) وفى بعض الأحيان، تختصر مستويات القياس الى المستويات الأكثر أهمية خصوصا فى الماكينات ذات الأربع كراسى تحميل أو أكثر. ويكون اختيار مستويات القياس بناءا على تحليل الأداء الاهتزازى للماكينات مع محاكاة كل أنواع الأعطاب وحالات الاضطراب. وأفضل مستويات القياس هى تلك التى تسبب عندها حالات الاضطراب سعات اهتزاز واضحة لعمود الدوران.

تتطلب القياسات للمهمة ج تركيب محولات الطاقة بالقرب من أو داخل وسائل منع التسريب (للسوائل والغازات) داخل الماكينة الهيدروليكية أو عند مواضع يمكن منها إعادة انشاء انحرافات محور الدوران

داخل الماكينة لكل أنماط الاهتزاز المتوقعة. وتكون القياسات المناسبة فى بعض الحالات الخاصة، جزء من عملية تسليم وحدة الماكينة. وينتج عنها دوال التحويل لمختلف مستويات القياسات الدائمة.

:

عند الحكم على تصرف الماكينة بالكامل، من المهم أيضا القياس على مسافات من كراسى التحميل (مثلا فى منطقة وصلة نقل الحركة) وذلك للحصول على معلومات عن توزيع السعة على طول عمود الدوران.
واذا كان مستوى كرسى التحميل قريبا من عقدة اهتزازية فان السلوك الاهتزازى والانحناء الحقيقى لعمود الدوران قد يقدر بأقل من الحقيقى.

٣/ ٤ معدات القياس

يجب أن يكون أداء معدات القياس متوافق مع متطلبات المواصفات المدرجة ببند ١/٢ وبند ٢/٢ من المراجع المكملة.
ويكون مدى الترددات لمعدات القياس مطابق لطيف الإثارة العريض لاهتزازات عمود الدوران فى الماكينة الهيدروليكية. ويجب أن يكون هذا المدى من ربع تردد الدوران للماكينة إلى ضعف تردد مرور الفجوة أو الريشة.
ويجب ان يكون سعة نظام القياس على الأقل أربعة أضعاف قيمة خط الحد بين المنطقتين الرئيسيتين أ – ب و ج – د (انظر الفقرة أ/٢)، حتى يمكن مراقبة ظروف التشغيل العابرة للماكينة بدقة.

٤- معايير التقييم

٤/ ١ ظروف تشغيل التوربين

معايير تقييم قيمة الاهتزازات والتغير فيها لمجموعات الماكينة التوربينية موجودة بالملحق أ.
وبالنسبة للطبيعة الخاصة لمدار الاهتزازللمحور الرأسى فى الماكينات الهيدروليكية، فمن المفضل أن تكون الكمية المقاسة هى أقصى ازاحة اهتزازية S_{max}. وحيث أن معظم أنظمة المراقبة تبين سعة الازاحة قمة-قمة $S_{(p-p)}$ (إزاحة اهتزازية قمة الى قمة فى اتجاه القياس، انظر الجزء الأول من هذه المواصفة)، فتحدد معايير تقييم لكلا من قيمتى القياس (S_{max}، $S_{(p-p)}$). وتطبيق هذه المعايير صحيح لمجموعات الماكينات ذات سرعات دوران إسمية من ٦٠ ل/ د وحتى ١٨٠٠ ل / د وتحت الأحمال التعاقدية المسموحة فى ظروف التشغيل المستقرة .
تطبق القيم الحدودية لكل أنواع مجموعات الماكينات المدارة بالتوربينات بصرف النظر عن نوعها وتحميلها وقدرتها، فى ظروف التشغيل المستقرة، فيما عدا القيود الموضحة بالفقرة ١.
وقد يلاحظ حدوث اهتزازات عالية لأعمدة الدوران ، عند التشغيل بعيدا عن نقطة التصميم نتيجة للقوى العرضية الناجمة عن السريان الدوامى للمائع الخارج من الدوار و ذلك للتوربينات المحورية ذات ريش الدوار غير المنتظمة وتوربينات فرانسيس والمضخات التوربينية. ويعرف فى المعتاد النطاق المتأثر بتصرف قيمته أقل من ٨٠ ٪ من التصرف عند أقصى كفاءة لكل ارتفاع.
فى حالة المضخات التوربينية قد تحدث سعة اهتزازات لأعمدة دوران أعلى من المعتاد نتيجة لتصميم الدوار للمضخة، والذى يكون توفيق بين التصميم الأمثل لكل من دوارى المضخة و التوربين. وبالنسبة

لأنواع الماكينات الهيدروميكانيكية ذات التوربينات ذات الدوران الناعم (مثل توربينات بلتون وتوربينات كابلن ذات التحكم المزدوج)، فمن المتوقع عادة أن تكون قيمة سعة الاهتزاز لعمود الدوران أقل.

٤/ ٢ ظروف تشغيل المضخة

حاليا المعلومات المتوفرة غير كافية لأعداد معيار تقييم لوحدات الماكينة تحت ظروف تشغيل المضخات وستضاف لاحقا فى الإصدارات التالية.

٤/ ٣ ظروف التشغيل الخاصة

يجب الالتفات إلى ظروف التشغيل التالية:

أ) ظروف التشغيل المستقر عند التحميل الجزئى المنخفض، والتحميل الزائد، وظروف التشغيل العابرة والمتكررة عند بدء الادارة والايقاف.

ب) ظروف التشغيل العابرة النادرة مثل التى تحدث عند الإيقاف الاضطرارى، وعند عدم وجود خرج، وعند الدوران فى الربع المفرمل للمضخات والمضخات التوربينية .

وتقييم مثل هذه الحالات أصعب من تقييم ظروف التشغيل للحمل فى النطاق الموصف. وحاليا لاتوجد قيم كافية بناءا على الخبرة العملية لإنشاء منحنيات لمثل ظروف التشغيل هذه. وكلما كانت ظروف التشغيل بعيدة عن الظروف المعتادة كلما يزداد الاضطراب الحادث فى المائع مما يؤدى الى انفصاله وحدوث دوامات ويتولد عن ذلك إثارة عشوائية عنيفة. ونظرا لارتفاع كثافة المياه عن الغازات، تكون القوى الناجمة عن هذه الإثارة أكبر كثيرا من تلك الناجمة فى الماكينات التورينية الحرارية.

ولذلك فعند التشغيل خارج النطاق الموصف للماكينة، قد تكون اهتزازات الكرسى أو بنية الماكينة الناشئة من عدم اتزان الكتلة محجوبة بالكامل باهتزازات المكونات العشوائية (الناشئة من الكتلة غير المتزنة للسائل والناجمة عن هذه الإثارة). وبناءا عليه فعند ووجود المكونات العشوائية الكبيرة فى ظروف التشغيل هذه غير الطبيعية ، فلا ينصح بالأعتماد فقط على القيمة اللحظية للاهتزازات S_{max} أو $S_{(p-p)}$ ويعتمد أكثر على القيمة المتوسطة لهما المأخوذة خلال فترة قياس على الأقل عشر لفات لعمود الدوران.

عموما يجب ملاحظة أن الحكم على الحالة الاهتزازية للماكينة يتم على أساس كلا من الاهتزازت النسبية لمحور الدوران كما سبق وكذلك الاهتزازت للأجزاء الغير دوارة (انظر المواصفة القياسية المصرية م.ق.م ١٠٤٣٠٦/٢٠٠٤).

الملحق أ

معايير تقييم الإهتزاز النسبى لعمود مجموعات التوربين الهيدروليكى تحت ظروف تشغيل موصفة

أ / ١ عام

الاهتزاز النسبى لعمود الدوران مجموعات الماكينة الهيدروليكية المقيس عند ، أو بالقرب من كراسى التحميل يجب تقييمه على أساس أحد المعيارين التاليين :-

المعيار الأول :

يتطلب التشغيل السليم والآمن للماكينة تحت ظروف التشغيل العادية أن تكون سعة الاهتزازات أقل من قيمة محددة تتوافق مثلا مع الأحمال الحركية المقبولة وحدود طرفية كافية لغلاف الخلوص القطرى للماكينة. وهذا المعيار فى المعتاد يؤخذ كأساس للتقييم فى حالة عدم وجود معلومات مسبقة لخصائص الدوران المقبولة لماكينات من نفس النوع (مثل الماكينات الجديدة).

المعيار الثانى :

لا يسمح بزيادة التغيير فى مقدار الاهتزازات بالنسبة إلى قيمة مرجعية عن حدود معينة. وذلك لأن التغيير فى قيمة الإهتزازات، بالرغم من عدم تجاوزها الحدود المنصوص عليها ، قد يشير الى عطب متوقع أو عدم انتظام آخرللماكينة.

أ / ٢ المعيار الأول : مقدار الاهتزاز عند السرعة التصميمية وتحت ظروف التشغيل المستقر.

أ / ٢ / ١ عام

القيم الموصى بها معطاة فى الشكل أ-١ لأقصى إزاحة اهتزازية فى مستوى القياس S_{max} ، وفى الشكل أ-٢ للإزاحة الاهتزازية قمة- قمة فى اتجاة القياس $S_{(p-p)}$ كدالة من أقصى سرعة تشغيلية. كلا القيمتين مقاسة فى اتجاه قطرى عند، أو بالقرب من كراسى التحميل الرئيسية المنزلقة عند السرعة التصميمية وتحت ظروف تشغيلية مستقرة والمعطاة فى البند ١/٤. ويمكن السماح بقيم أعلى عند نقط قياس أخرى وتحت الظروف الموضحة فى الملحق ب.

وقسمت المساحة الكلية لقيم الإهتزازات الموضحة بالشكليين أ-١، أ-٢ إلى نطاقيين رئيسيين موضحين كالتالى :-

النطاق أ / ب :

الماكينات ذات الاهتزازات فى هذا النطاق الرئيسى تعتبر مقبولة لمدة تشغيل طويلة وغير مقيدة.

النطاق ج / د :

الماكينات فى هذا النطاق الرئيسى لها قيم اهتزازات عالية. ومن الضرورى فى كل حالة التأكد من أن القيم المقيسة للماكينة يمكن السماح بها للتشغيل المتصل طويل المدى باعتبار الخصائص التصميمية وظروف التشغيل لها. وفى كل الأحوال يجب أن يتم التقييم بمقارنة اهتزازات عمود الدوران النسبية مع الخلوص القطرى للكرسى وسمك غشاء الزيت له.

القيم الموجودة بالشكليين أ-١، أ-٢ حددت بناءا على التحليل الأحصائى لأكثر من ٩٠٠ مجموعة بيانات مجمعة لكل أنواع الماكينات والسرعات والقدرات. وأخذت القياسات لماكينات ذات تشغيل طبيعى ولمدد طويلة وبدون أعطاب. وقد استخدم التحليل لأنشاء الخط الفاصل بين النطاقيين الرئيسيين أ – ب و ج – د. الملحق ج يوضح طريقة التحليل المستخدمة.

:

الخط الفاصل الثقيل (انظر شكلى أ ١ و أ ٢) بين النطاقيين الرئيسيين أ– ب و ج – د يمثل ٩٢,٥ ٪ من دالة التوزيع الجرسى التراكمية لقاعدة البيانات المستخدمة. وبمعنى آخر، ٩٢,٥ ٪ من كل الماكينات المستخدمة فى التحليل، لها قيم اهتزازات أقل من الخط الفاصل الثقيل.

وقد احتفظ بالحدود القديمةا/ب ، ج/د داخل النطاقيين الرئيسيين أ– ب و ج – د للدلالة على مراتب الخطورة المختلفة المبنية إحصائيا.

النطاق أ :

الماكينات التى لها قيم اهتزازات داخل هذا النطاق وتحت الحد أ/ب (وذات لاتمركزية قليلة للأعمدة) يمكن أن يكون بها عدم اتزان ميكانيكى أو هيدروليكى أو الكترومغنطيسى قليل جدا، ولها استقامة ميكانيكية ذات جودة عالية، وتتطلب استدارة لكرسى التحميل وظروف تشغيل جيدة.

:

الخط المتقطع بين النطاقيين أ و ب يمثل ٥٠ ٪ توزيع جرسى تراكمى لقاعدة البيانات.

النطاق د :

الماكينات التى لها قيم اهتزازات داخل هذا النطاق وأعلى من الحد ج/ د من المعتاد إيقافها للتحليل والأصلاح، حيث أن قيمة الاهتزاز يمكن اعتبارها ذات شدة خطورة قد تسبب عطب للماكينة.

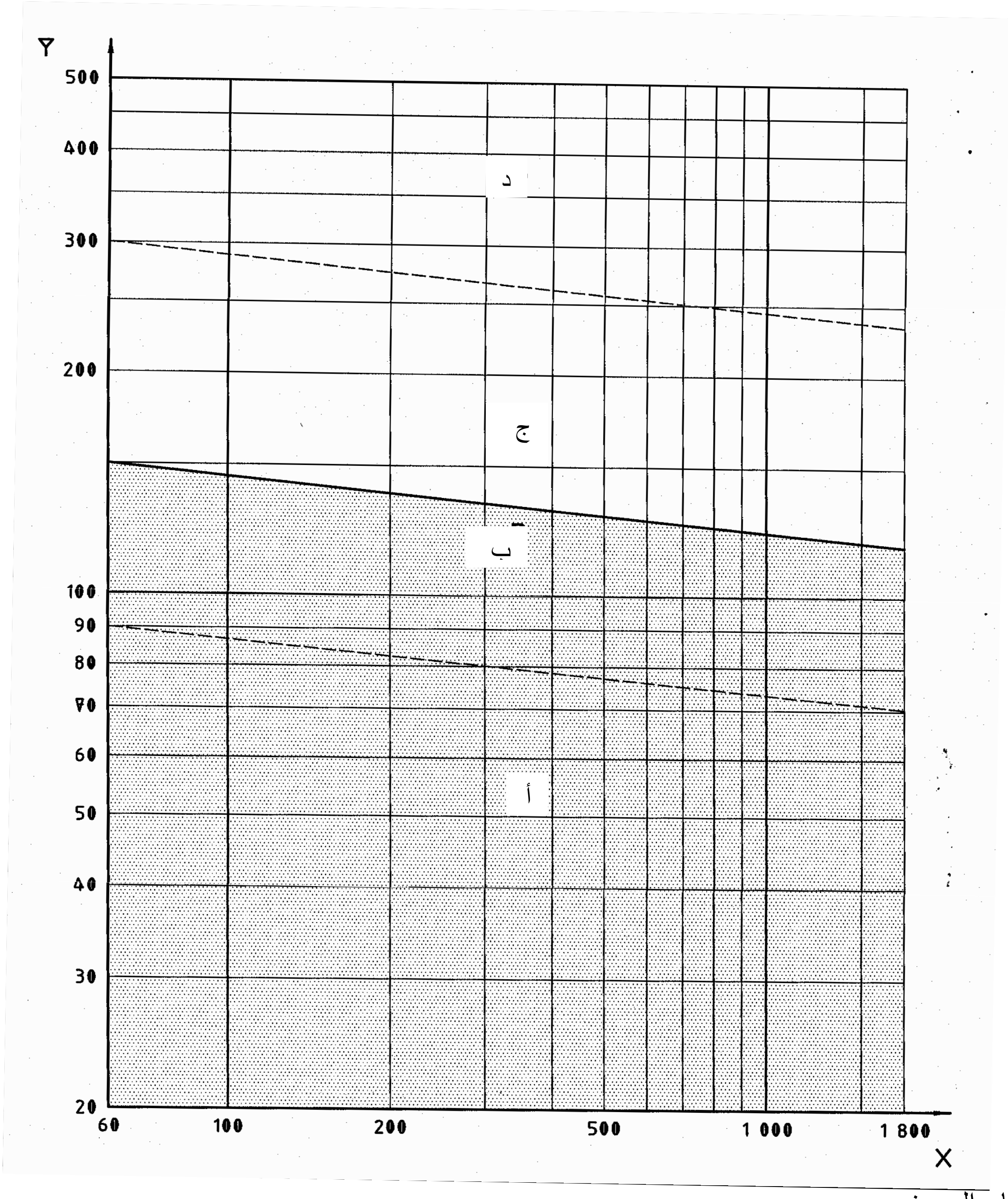
:

الخط المتقطع بين النطاقيين ج و د يمثل ٩٨ ٪ توزيع جرسى تراكمى لقاعدة البيانات.

لايقصد بالقيم العددية الموضوعة لحدود النطاق أن تكون مواصفات قبول والتى تكون بالأتفاق بين مصنع الماكينة والعميل. ولكن هذه القيم تعتبر خطوط عامة لتجنب عدم الكفاءة والمغالاة فى المتطلبات. وفى بعض الأحوال الخاصة، قد تتطلب ماكينة معينة ذات ملامح خاصة استخدام قيم مختلفة (أعلى أو أقل) لحدود النطاق. ويكون على مصنع الماكينة فى مثل هذه الحالات مسئولية بيان الأسباب لهذه القيم، وتأكيد سلامة تشغيل الماكينة بهذه القيم الاهتزازية إذا كانت مرتفعة.

:

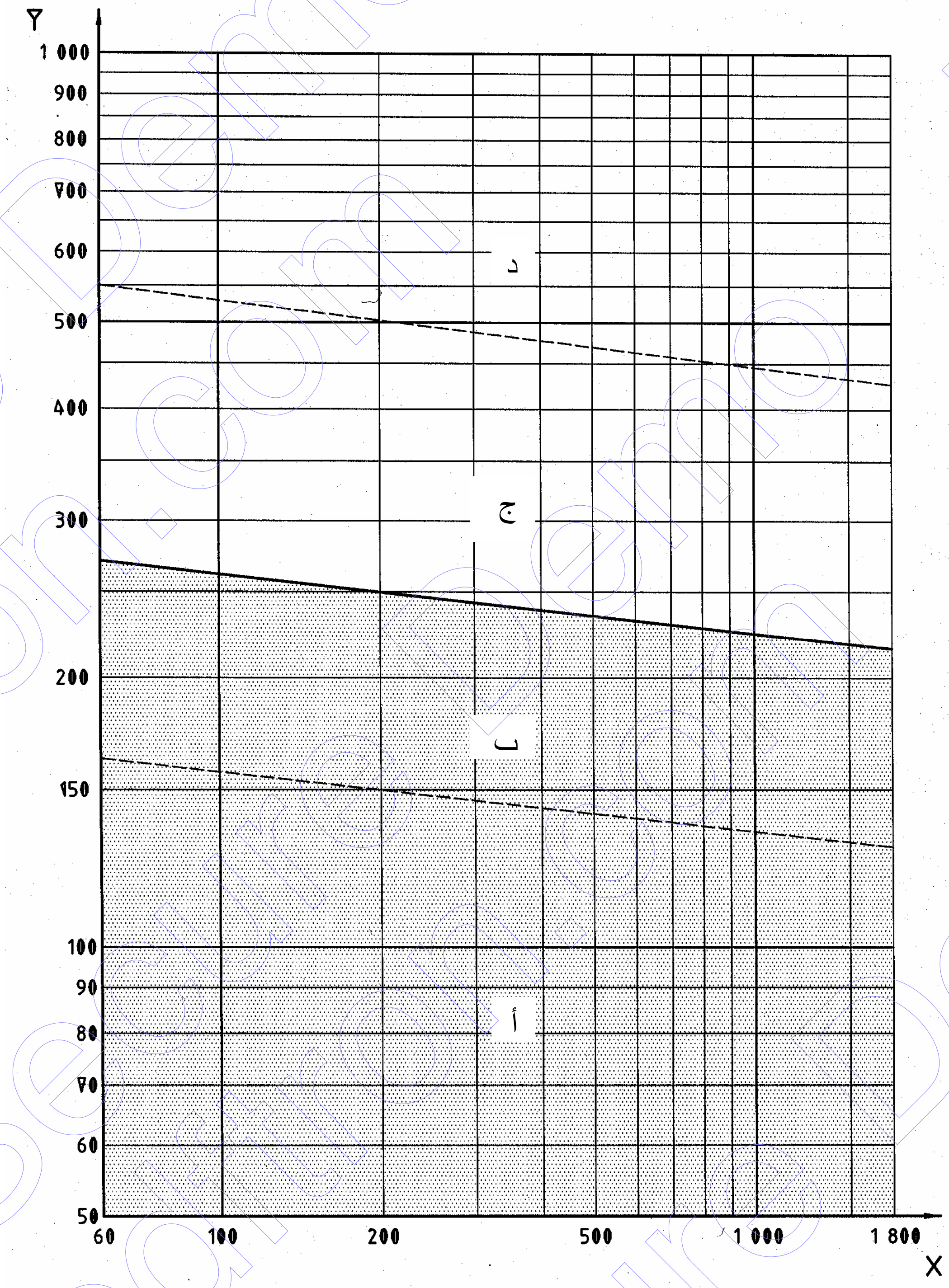
يمكن أن تكون قيم الاهتزازات للوحدات المعمرة والتى زيد خرجها فى النطاق أ أو ب. ويعتمد اختيار النطاقين أ أو ب على العلاقة بين قوى الأثارة الجديدة وقدرة المكونات الجديدة والمعاد استخدامها على تحمل التعرض الديناميكى لفترة طويلة.



مفتاح الرموز

X	أقصى سرعة تشغيل	لفة/دقيقة
Y	أقصى إزاحة اهتزازية نسبية للعمود S_{max}	ميكرومتر

شكل أ-١ نطاقات التقييم الموصى بها لأقصى إزاحة اهتزازية فى مستوى قياس S_{max} ، لتشغيل التوربينات الصحيح عند السريان المستقر فى النطاق التعاقدى المسموح به، للماكينات الهيدرولكية أو مجموعات الماكينات (انظر ١/٤).



مفتاح الرموز

X	أقصى سرعة تشغيل	لفة/دقيقة
Y	أقصى إزاحة اهتزازية نسبية قمة- قمة للعمود	ميكرومتر

شكل أ-٢ نطاقات التقييم الموصى بها للإزاحة الاهتزازية فى اتجاه قياس قمة- قمة، لتشغيل التوربينات بشكل سليم عند السريان المستقر فى النطاق التعاقدى المسموح به، للماكينات الهيدرولكية أو مجموعات الماكينات (انظر ٤/١).

أ/٢/٢ حدود التشغيل

من المعتاد وضع حدود للاهتزازت فى ظروف التشغيل طويل الأمد. وتكون هذه الحدود فى شكل تنبيهات الخطورة والايقاف للخطورة.

تنبيهات الخطورة :

تستخدم تنبيهات الخطورة لتقدم تحذيرا من مقدار الاهتزاز الذى وصل إلى قيمة محددة أو أن تغييرا كبيرا فى مقدار الاهتزاز قد حدث، مما يستوجب ايجاد علاج للمشكلة. وبشكل عام، فعند حدوث موقف تنبيهى، فيمكن ان يستمر التشغيل لفترة ما بينما يتم تقصى أسباب التغيير فى الاهتزاز وتحديد حل لعلاج المشكلة.

الإيقاف للخطورة :

لتحديد مقدار الاهتزاز والذى بعده يكون أى تشغيل للماكينة مسببا إتلافها. فإذا ما زاد مقدار الاهتزاز عن حد الإيقاف للخطورة، فيجب إتخاذ إجراء فورى لتقليل اهتزاز الماكينة أو إيقافها.

ويمكن تعيين حدود تشغيل مختلفة تبعا للتحميل الديناميكى وجساءة الركائز لمواقع واتجاهات قياس مختلفة.

أ /٢/ ٣ ضبط تنبيهات الخطورة

تختلف قيم التحذير كثيرا علوا وانخفاضا للماكينات المختلفة. وتختار القيم لماكينة معينة نسبة إلى قيمة أساسية لها موصفة بناءا على الخبرة ومكان أواتجاه القياس لهذه الماكينة المعينة.

وفى المعتاد، تختار قيمة تنبيه الخطورة أعلى من القيمة الأساسية بمقدار ٢٥ ٪ من الحد الأقصى للنطاق الرئيسى أ/ ب. وإذا كانت القيمة الأساسية منخفضة يمكن أن تكون تنبيهات الخطورة أقل من النطاق الرئيسى ج / د.

وعند عدم وجود قيمة أساسية (للماكينات الجديدة مثلا) تحدد تنبيهات الخطورة المبدئى إما بناءا على خبرة بماكينات مثيلة أو بنسبة من قيم القبول المتفق عليها. وبعد فترة من الزمن، ستتواجد قيمة أساسية لحالة التشغيل المستقر لها وبالتالى يعاد ضبط تنبيهات الخطورة تبعا لذلك.

وفى كلا الحالين ينصح بألا تتعدى قيمة تنبيهات الخطورة عن ١،٢٥ مرة من الحد الأقصى للنطاق الرئيسى أ / ب. ويمكن تحديد قيم مختلفة لتنبيهات الخطورة لنفس الماكينة، بناءا على اختلاف الأحمال الديناميكية وكذلك اختلاف جساءة الركائز وذلك عند أماكن واتجاهات قياس مختلفة.

وإذا حدث تغيير فى القيمة الأساسية للتشغيل المستقر (بعد عمل عمرة للماكينة مثلا)، فيجب أن تراجع قيمة تنبيهات الخطورة وتعدل تبعا لذلك.

أ /٢/ ٤ ضبط الإيقاف للخطورة

تتوقف قيم الإيقاف للخطورة على التكامل الميكانيكى للماكينة وتعتمد على أى من الخواص التصميمية الخاصة التى زودت بها والتى تجعلها قادرة على تحمل الأحمال الديناميكية غير المعتادة. ولذلك تكون القيم المستخدمة عموما واحدة فى الماكينات ذات التصميم المتماثل. كما أنها فى المعتاد ليس لها علاقة بقيمة التشغيل المستقرالأساسية والمستخدمة لضبط تنبيهات الخطورة .

وقد تختلف قيم الإيقاف للخطورة للماكينات ذات التصميمات المختلفة. ولذلك من الصعب اعطاء قيم استرشادية مطلقة لإيقاف الخطورة. وعموما هذه القيم تكون فى النطاق الرئيسى ج /د. ولكن ينصح بألا تتعدى مرتين من الحد الأقصى للنطاق الرئيسى أ /ب.

أ /٢/ ٥ ظروف التشغيل الخاصة

فى حالة التشغيل خارج نطاق الحمل المعتاد أو خلال ظروف التشغيل العابرة يعطل جهاز تنبيه الخطورة وقد يعطل كذلك جهاز الإيقاف للخطورة. وتحدد قيم آخرى للتنبيه للخطورة و الإيقاف للخطورة أثناء التشغيل فى هذه الظروف الخاصة إذا كان المطلوب أيضا مراقبة الماكينة خلالها. وهذه القيم تختار بناءا على القيم القصوى للاهتزازت المقبولة خلال بداية تشغيل الماكينة.

أ / ٣ المعيار الثانى : التغير فى قيمة الاهتزاز

قد يحدث فى بعض الحالات تغير واضح (بمعنى آخر تغيير سريع نسبيا) فى سعة الإهتزاز، والذى يتطلب اتخاذ إجراء ما، حتى وإن لم يحدث تجاوز للحدود القصوى المعطاة فى البند أ / ٢، حيث أنه من الممكن أن يدل هذا التغيير على حركة أو انهيار أحد مكونات الماكينة، ويكون انذارا لحدوث انهيار أشد. وهكذا، يحدد المعيار الثانى بناءا على مقدار التغيير فى قيم الإهتزازات الكلية للماكينة، التى تحدث فى ظروف التشغيل المستقروالمتكرر للماكينة. ولا يطبق هذا المعيار عند تغير ظروف تشغيل الماكينة والتى ينتج عنها بالتالى تغيير فى قيم الإهتزازات.

والمعيار الثانى المطبق، هو ألا يزيد التغيير فى قيمة إهتزاز العمود على ٢٥ % من الحد الأقصى للنطاق الرئيسى أ / ب سواءا أن كان التغيير بالزيادة أو النقصان فى قيمة الأهتزازات. وإذا زاد التغيير عن هذه القيمة، فيجب اتخاذ خطوات لتحرى سبب هذا التغيير وإجراء أى فعل مناسب إذا دعت الضرورة لذلك. وإذا تقرر إيقاف الماكينة، فيجب أن يتم ذلك بعد اعتبار أقصى قيمة إهتزاز لها والتأكد من عدم ثباتها عند هذه الظروف الجديدة.

ومن الضرورى معرفة أن هذا المعيار ذو تطبيقات محدودة، حيث أن التغيرات الواضحة فى السعات والمعدلات قد تحدث فى بعض مكونات التردد المنفصلة ولكن أهميتها لاتظهر بالضرورة فى إشارة الإهتزاز الكلية. ولذلك، وعلى الرغم من أن مراقبة التغير فى قيمة الإهتزاز الكلية قد يشير إلى أعطال مهمة، إلا أنه فى بعض التطبيقات المعينة، يكون من الضرورى استخدام أجهزة قياس وتحليل أكثر تعقيدا من تلك المستخدمة فى المراقبة الإشرافية العادية. ومثل هذه الأجهزة، يمكنها تتبع اتجاه التغير التى تحدث فى موجهات الترددات المنفصلة والمكونة لإشارة الإهتزاز. ومن الضرورى مراقبة موجهات الاهتزاز التى لها تردد نفس سرعة الدوران وضعفها. ويتطلب استخدام مثل هذه الأجهزة فى المعتاد، خبرة متخصصة، ومواصفات معيار تقييم القياسات لمثل هذه الحالات خارج نطاق هذ الجزء من المواصفة. ولمزيد من المعلومات، يرجع إلى الجزء الأول من هذه المواصفة، والمواصفة المدرجة ببند ٢/٢ من المراجع المكملة.

الملحق ب

(معلوماتى)

الملامح الخاصة لاهتزازات عمود دوران مجموعات الماكينة الهيدروليكية

ب / ١ عام

يوضح الجزء الأول من هذه المواصفة، أساسيات ميكانيكا اهتزاز الأعمدة وهى مبنية على طيف عريض لإبحاث نظرية وعملية على الماكينات ذات محور دوران أفقى. وحتى الآن، لم يتم مثل هذا الإهتمام للماكينات ذات محور دوران رأسى والتى توجد بكثرة فى معظم مجموعة الماكينات الهيدروليكية.
وقد يحدث اهتزاز أعمدة دوران للماكينات الهيدروليكية فى نطاق عريض من الترادادت والأسباب المحتملة لمثل هذه الإهتزازات مذكور فى البنود من ب/٢ إلى ب/٤.

ب/٢ الأسباب الميكانكية

وهذه الأسباب راجعة إلى محاذاة غير سليمة لعمود الدوران ،او اختلاف محوركرسى التحميل، او عدم ثبات فيلم الزيت، او قوى الإحتكاك، عدم الإتزان المتبقى المروحة أوالعمود، المولد أو محور الحافز.
والترددات المتوقعة هى ترددات الدوران ومضاعفتها التوافقية.

:

قد تحدث أحمال استاتيكية جوهرية فى كرسى التحميل ، نتيجة تركيب خاطئ أو تشوهات من البيئة المحيطة ولا تكتشف بقياس حركة المحور داخل كرسى التحميل .

ب / ٣ الأسباب الكهربائية

وهذه الأسباب راجعة إلى عدم التساوى الكافى لشد المجال المغنطيسى للمحور الدوارأو عدم إنتظام الفجوة الهوائية للماكينات المتصلة كهربائيا.
والترددات المتوقعة هى ترددات الدوران ومضاعفتها التوافقية.

ب / ٤ الأسباب الهيدرولكية

قد يكون أسبابها التالي:

ب / ٤ / ١ السريان خلال المسارات المائية (عدم الإتزان الهيدروليكى)

والترددات المتوقعة ترددات الدوران وتردد مرور الريشة أو الجيب أو أى خليط منهم.

ب / ٤ / ٢ اضطراب سريان أنبوب الهواء

وهى تحدث فى التوربين من نوع الفرانسيس وحتى أثناء ظروف التشغيل المستقر خارج نطاق أحسن كفاءة. والترددات المتوقعة هى ترددات أقل من تردد الدوران، غالبا إلى أقل من الثلث إلى الربع منها. وقد يحدث رنين للبنيان الهيدرولكى (خطوط المواسير)، أو الشبكة المتصلة به مما يعظم الظاهرة.

ب / ٤ / ٣ التكهف

وهذا ينتج من ظروف سريان غير سليمة حول محور الدوران أو حول الأشكال الخارجية للريش، وغالبا ما يقع خلال نطاقات التحميل الزائد. والترددات المتوقعة لهذه الظاهرة ترددات مرتفعة كما فى الإنفجارات.

ب / ٤ / ٤ الاهتزازات الناشئة عن المرونة الهيدرولكية

وهى تنشأ عن الشكل الغير سليم لحواف الخروج للأشكال الهيدرولكية (الريش – الجيوب ....الخ). والترددات المتوقعة ترددات أقل من ١٠٠ هرتز وحتى عدة كيلوهرتز (وتتوقف على أبعاد الشكل وسرعات السريان). وغالبا ما يلاحظ تردد تضاربى واضح.

ب / ٤ / ٥ اهتزازات الإثارة الذاتية

وهى تحدث عند تحرك أجزاء ميكانيكية (وصلات إحكام – حدوث تغيير فى الخلوصات) الذى يؤثر على السريان حولهم أو خلالهم. والترددات المتوقعة ترددات أعلى من تردد الدوران قليلا وتنطبق فى الغالب مع التردد الطبيعى الانحنائى للأجزاء الدوارة.

ب / ٥ الإثارات الإضافية

خلال ظروف التشغيل العابرة (مثل أثناء بداية التشغيل أو أثناء التوقف) تنشأ قوى إثارة إضافية تتفاعل مع الجزء الدوار مما يولد اهتزازات ذات سعات مرتفعة ونطاق طيفى عريض. وخلال نبذ الحمل قد تواجه التوربينات وحتى تلك من النوع الكابلن عدم استقرار لانبوب الهواء (كما فى الفقرة ب / ٤ / ٢) ويصاحبه مدارات واضحة لعمود الدوران لترددات أقل من تردد الدوران. وقد تحدث ظاهرة مماثلة للرنين عند سرعات معينة خلال التباطؤ وذلك عند ظروف تشغيل مماثلة (خصوصا للماكينات ذات عمود دوران له كرسيين محوريين فقط) مع مدارات تحتوى على واحدة أو أكثر من الترددات الطبيعية لعمود الدوران طبقا للسرعة اللحظية له.

وتسبب ظروف التشغيل العابرة والمتكررة (مثل بداية التشغيل والإيقاف) إثارات عشوائية واضحة ذات نطاق عريض من الترددات. وقد تزداد شدة هذه الإثارة، ذات الطيف العريض من الترددات، أكثر عند ظروف التشغيل العابرة القصوى مثل ما يحدث عند عطب صمام الغلق.

وينتج عن هذه الإثارات المختلفة لمجموعات الماكينات الهيدرولكية مدارات حركية لعمود الدوران ذات منحنيات غير مغلقة ذاتيا. وحتى تحت ظروف التشغيل المستقر، قد ينشأ عن وجود القوى الهيدرولكية الدائمة، مدارات شبه دائرية أو كثيرة الأضلاع، ويكون شكلها وحجمها متغيرا احصائيا فى حدود معينة.وعكس الماكينات- التربو الحرارية، لا يمكن استنتاج أن هناك عدم استقرار فى فيلم الزيت للمبايت أو إثارة ذاتية بسبب سريان (تسريب) مانع التسريب. وتزيد بشدة القوى القطرية فى الماكينات الهيدرولكية، إذا كان الحمل خارج نطاق التشغيل العادى، خصوصا أثناء التشغيل العابر. ويؤدى ذلك إلى زيادة حركة عمود الدوران.

وخلافا للماكينات الحرارية، يمكن تشغيل وإيقاف الماكينات الهيدرولكية أو تغير الحمل سريعا ومرات متكررة. ولذلك غالبا ما تستخدم هذه الماكينات فى توليد القوى فى ساعات الذروة أو للتحكم فى التردد أو الحمل. وتتعرض هذه الماكينات لاهتزازات وإجهادات زائدة، حيث أن ظروف التشغيل العابر تتضمن تشغيل وإيقاف متكرر، وغالبا مايحدث تغير سريع من حالة تشغيلية إلى آخرى. وتكون ظروف التشغيل الإنتقالية متكررة كثيرا لمعدات تحميل الذروة ومضخات التخزين بحيث يتجاوز مجموع فترات حدوث

حركة عمود الدوران ١ ٪ من وقت التشغيل الكلى للماكينة. ولهذا يجب تقييم ظروف التشغيل العابرة هذه بطريقة منفصلة تأخذ بالإعتبار الإجهادات الإضافية والكلال التى تقع على كراسى التحميل والأجزاء الآخرى من الماكينة والمتأثرة بهذه الظروف.

الملحق ج

(معلوماتى)

تقنيات إجراء تحليل وتطبيق طرق الإنحسار

تم التجميع والتقييم الإحصائى للمعلومات المأخوذة من قواعد بيانات الخاصة بالهيئيتين ISO , IEC. وهذه المعلومات مجمعة من ١١ دولة. وتضم هذه المعلومات اهتزازات أعمدة دوران ماكينات مقاسة من أنواع مختلفة من ماكينات ذات أعمدة دوران أفقية و رأسية وعند سرعات مختلفة.

. وأنشئت قاعدتي بيانات جديدتين كما يلى :

- قياسات إزاحة الأهتزاز قمة إلى قمة S_{p-p} لأعمدة الدوران مع سرعة دوران الماكينة.
- قياسات أقصى إزاحة أهتزاز S_{rms} لأعمدة الدوران مع سرعة دوران الماكينة.

ويبين الشكل ج-١ القيم قمة إلى قمة S_{p-p} المأخوذة من قاعدة البيانات. ويمكن ملحوظة المدى الواسع لتوزيع البيانات والتقييم الإحصائى لها.

وقد عدلت بعض القيم المبدئية للضرورة نظرا لعدم التوافق الذى لوحظ. وأجريت الخطوات التالية وبالطريقة الموضحة على مجموعة القراءات المحسنة (باستخدام برنامج تحليل احصائى).

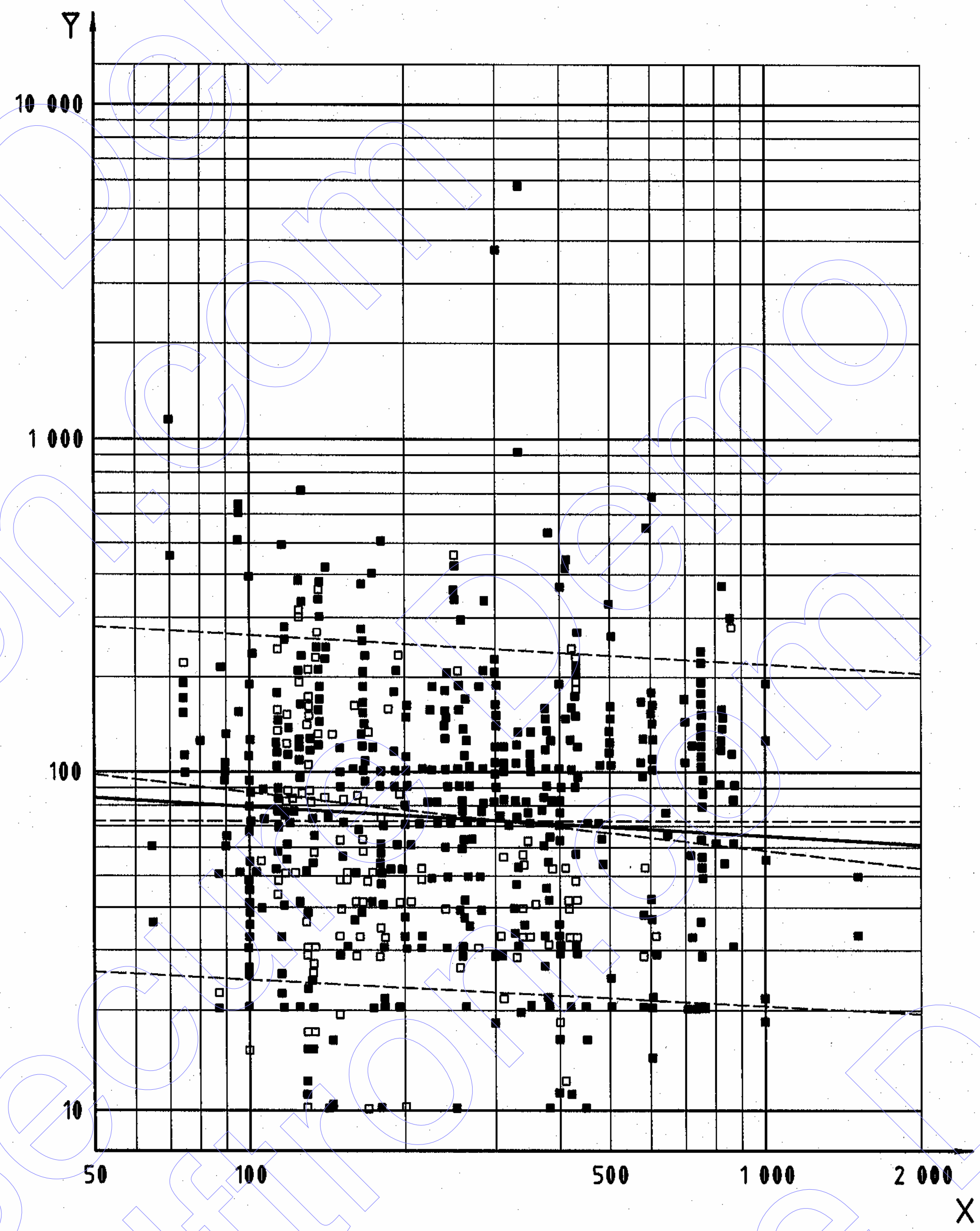
ا – تأكيد حسن توزيع القراءات خلال نطاق السرعة الموصف.

ب – عمل تحليل إنحسارى للنموذج الضربى $Y = a X^b$ باستخدام معلومات قاعدة البيانات المنسبة بعد تحويلها لوغاريتميا مرتين، حيث تكون سرعة الماكينة هى المتغير المستقل و S_{p-p} أو V_{max} هى المتغير التابع.

ج - عمل خطة لمنحنيات التنبؤ المحسوب (أساسا بجانب الحدود فى نطاقى السرعة المنخفضة والمرتفعة) فى مقياس لوغاريتمى ثنائى.

د - تحديد منحنيات الحدود بواسطة مجموعة العمل على أساس نتائج التحليل الإنحسارى وخبرتهم كالأتى :

- منحنى الحد بين النطاقيين الرئيسيين أ / ب و ج /د هو ٩٢,٥ ٪ من دالة التوزيع الجرسى التراكمية التنبؤية، وبمعنى آخر، ٩٢,٥ ٪ من كل القياسات المجمعة ، أقل من هذا المنحنى.
- الحد بين النطاقيين أ ، ب هو ٥٠ ٪ من دالة التوزيع الجرسى التراكمية التنبؤية.



مفتاح الرموز

X السرعة الدورانية لفة/دقيقة

Y الإزاحة الاهتزازية النسبية قمة- قمة S_{p-p} ميكرومتر

شكل ج-١ التوزيع العريض لقيم المعلومات والتقييم الأحصائى لها.

٥- المصطلحات الفنية

انحسار .... regression
تراكمى .... cumulative
دخول المائع .... upstream
سريان دوامى .... swirl flow
محاكاة .... simulating
حالات الاضطراب .... disturbing events
غشاء .... film
استقامة .... alignment
كراسى تحميل حذائية .... shoe bearing
كراسى تحميل غلافية .... shell bearing
كراسى تحميل منزلقة .... rolling bearing
حدود طرفية .... margines

٦- المراجع

المواصفة القياسية الدولية ISO 7919-5/2005

Mechanical vibration -- Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts -- Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pumping plants

- الجهات التى اشتركت فى وضع المواصفة

قام بإعداد هذه المواصفة اللجنة الفنية رقم (١٣/٥) والخاصة والتى يضم تشكيلها الجهات التالية :

- الهيئة المصرية العامة للمواصفات و الجودة
- كلية هندسة – جامعة القاهرة
- شركة الفجر للصناعات الهندسية
- المعهد القومي للقياس والمعايرة
- الهيئة العامة للرقابة على الصادرات والواردات
- شركة السويس لتصنيع البترول
- شركة أسمنت طرة

الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة

١- أنشئت الهيئة المصرية العامة للتوحيد القياسى عام ١٩٥٧ بالقرار الجمهورى رقم ٢٩ لسنة ١٩٥٧ الذى نص على اعتبارها المرجع القومى المعتمد للشئون التوحيد القياسى ونص القانون رقم ٢ لسنة ١٩٥٧ على أن المواصفة لا تعتبر قياسية إلا بعد اعتمادها من الهيئة.

٢- فى عام ١٩٧٩ صدر القرار الجمهورى رقم ٣٩٢ لسنة ١٩٧٩ الذى قرر ضم مركز ضبط الجودة إلى الهيئة.

٣- فى عام ٢٠٠٥ صدر القرار الجمهورى رقم ٨٣ لسنة ٢٠٠٥ بإعادة تسمية الهيئة لتصبح الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة ، وبناء عليه فإن الهيئة تختص بما يلى :

- إعداد وإصدار المواصفات القياسية للخامات والمنتجات والخامات والأجهزة ونظم الإدارة والتوثيق والمعلومات ومتطلبات الأمن والسلامة وفترات الصلاحية وأجهزة القياس.
- التفتيش الفنى والاختبار والرقابة وسحب العينات وإصدار شهادات المطابقة للمواصفات المعتمدة وشهادات المعايرة لأجهزة القياس.
- الترخيص بمنح علامة الجودة للمنتجات الصناعية وعلامات وشهادات الجودة والمطابقة المنتجات للمواصفات القياسية.
- تقديم المشورة الفنية وخدمات التدريب فى مجالات المواصفات والجودة القياس والمعايرة والاختبار والمعلومات لجميع الأطراف المعنية.
- تمثيل مصر فى أنشطة المنظمات الدولية والإقليمية العامة فى مجالات المواصفات والجودة والاختبار والمعايرة.

تقوم الهيئة بتنفيذ متطلبات واشتراطات اتفاقية العوائق الفنية على التجارة لمنظمة التجارة العالمية حيث أن الهيئة هى نقطة الاستعلام المصرية للإمداد بالمعلومات والوثائق فى مجال المواصفات وتقييم المطابقة.

٤- يدير الهيئة مجلس إدارة برئاسة وكيل أول الوزارة رئيس الهيئة، ويضم المجلس فى عضوية ممثلين عن مختلف الجهات المعنية للتوحيد القياسى وجودة الإنتاج والاختبار والمعايرة فى مصر بالإضافة إلى عدد من الأكاديميين والعلميين والخبراء والقانونيين ورجال الإعلام.

٥- يتم إعداد المواصفات القياسية من خلال لجان فنية يربو عددها على مائة لجنة يشارك فيها خبراء طبقاً للمعايير الدولية ومتخصصون من جميع الجهات المعنية ويقوم بالأمانة الفنية لها أعضاء من العاملين بالهيئة.

٦- يتم توزيع مشاريع المواصفات على قاعدة عريضة من الجهات المعنية والبلاد العربية لإبداء الملاحظات خلال فترة ستين يوماً كما تعرض هذه المشاريع على لجنة الصياغة ولجان عامة للمراجعة قبل العرض على مجلس الإدارة.

٧- تتبع الهيئة نظام الترخيص للمصانع باستخدام علامات الجودة على السلع والمنتجات المطابقة للمواصفات المصرية وذلك حماية المستهلكين وخدمة للصانعين لرفع جودة منتجاتهم. ويوجد بالهيئة مجموعة كبيرة من المعامل الحديثة لاختبار المنتجات الكيمائية ومواد البناء والتشييد والمنتجات الهندسية والغذائية ومنتجات الغزل والنسيج بالإضافة إلى معامل للقياس والمعايرة الميكانيكية والكهربائية والفيزيائية.

٨- يتوفر بالهيئة وحدة لحماية المستهلك لتتلقى شكواهم وتعمل على حلها وقد لاقت أعمال الوحدة نجاحاً كبيراً.

٩- يتوفر بالهيئة المكتبة الوحيدة فى مصر المتخصصة فى المواصفات القياسية تحتوى على
أكثر من ١٣٠ ألف مواصفة دولية وأجنبية وإقليمية وعربية ومصري

EGYPTIAN STANDARDS

ES

ES: 6470-5/ 2008

ISO 7919-5/2005

MECHANICAL VIBRATION -- EVALUATION OF MACHINE VIBRATION BY MEASUREMENTS ON ROTATING SHAFTS

PART : 5

MACHINE SETS IN HYDRAULIC POWER GENERATING AND PUMPING PLANTS

ICS : 17.160; 29.160.40

Arab Republic of Egypt
Egyptian Organization for Standardization and Quality